



12 Gebrauchsmuster

U 1

(11) Rollennummer G 92 15 696.7

(51) Hauptklasse F02C 7/06

Nebenklasse(n) F02C 7/18 F01D 25/16

F01D 25/24 F01D 25/12

H02K 7/18 F16C 32/04

(22) Anmeldetag 18.11.92

(47) Eintragungstag 17.03.94

(43) Bekanntmachung
im Patentblatt 28.04.94

(54) Bezeichnung des Gegenstandes
Stromgewinnungsanlage

(71) Name und Wohnsitz des Inhabers
Anton Piller GmbH & Co KG, 37520 Osterode, DE;
Boc AG, Basel, CH

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters
Stellrecht, W., Dipl.-Ing. M.Sc.; Griebach, D.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Haecker, W., Dipl.-Phys.;
Böhme, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Beck, J.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Wöbner, G., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 70182 Stuttgart

(56) Recherchenergebnis:

=====

Druckschriften:

DE 28 23 261 C2
DE 25 44 726 C2
DE 41 05 258 A1
DE 25 15 315 A1
JP 63-2 77 443 A

DE 25 44 726 C2
DE 26 58 687 B2
DE 26 58 687 A1
DE-OS 20 10 805
SU 6 41 839

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

18.11.92

B e s c h r e i b u n g

Stromgewinnungsanlage

Die Erfindung betrifft eine Stromgewinnungsanlage, umfassend eine Gasturbine mit einem Turbinenrad und einen Generator mit einem vom Turbinenrad angetriebenen Rotor.

Bei den bislang bekannten Stromgewinnungsanlagen, welche beispielsweise bei der Expansion von Kryogas oder Erdgas eingesetzt werden, um die beim Expandieren der Gase freiwerdende Energie zurückzugewinnen, werden üblicherweise eine Turbine und ein von dieser angetriebener, aber getrennter Generator eingesetzt.

Da die Turbine mit hohen Drehzahlen läuft und außerdem hohe Temperaturgradienten möglich sein müssen, treten im Bereich der Lagerungen der bekannten Anlagen Probleme insbesondere durch Reibung und/oder Leckage und/oder Verschmutzung des die Gasturbine durchströmenden Gases auf.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Stromgewinnungsanlage zu schaffen, bei welcher die bekannten Lagerprobleme reduziert sind oder gar wegfallen.

Diese Aufgabe wird bei einer Stromgewinnungsanlage der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Turbine und der Generator in einem Anlagengehäuse

0215596

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 2 -

18.11.92

zu einer Einheit zusammengefaßt sind, daß das Turbinenrad und der Rotor eine sich als Ganzes drehende Rotoreinheit bilden und daß die Rotoreinheit in dem Anlagengehäuse durch Magnetlagereinheiten berührungslos drehbar gelagert ist.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist somit darin zu sehen, daß durch die Zusammenfassung von Turbinenrad und Rotor zu einer sich als Ganzes drehenden Rotoreinheit eine einfache Konstruktion möglich ist, und daß durch die Verwendung von Magnetlagereinheiten zur Lagerung der Rotoreinheit die Reibungsverluste entscheidend verringert werden und somit hohe Drehzahlen problemlos möglich werden und darüber hinaus auch keine Verunreinigung des die Gasturbine treibenden Prozeßgases durch aus den Lagern austretende Schmier- oder Schmutzstoffe erfolgt.

Grundsätzlich ist eine Lagerung der Rotoreinheit dadurch möglich, daß die Rotoreinheit durch zwei in axialem Abstand voneinander angeordnete Magnetlagereinheiten gelagert ist.

Insbesondere für hohe Drehzahlen ist es besonders vorteilhaft, wenn die Rotoreinheit axial gesehen beiderseits des Rotors mit jeweils einer Magnetlagereinheit gelagert ist.

In diesem Fall ist eine Magnetlagereinheit vorteilhafterweise zwischen dem Rotor und dem Turbinenrad angeordnet, so daß das Turbinenrad auf einem frei über diese Magnetlagereinheit überstehenden Ende der Rotoreinheit sitzt.

9215898

A, 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 3 - 18.11.92

Hinsichtlich der Ausbildung der Magnetlagereinheiten wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß jede Magnetlagereinheit mindestens ein magnetisches Radiallager umfaßt.

Um zusätzlich auch eine axiale Lagerung der Rotoreinheit zu erreichen, ist es möglich, einer der Magnetlagereinheiten ein magnetisches Axiallager zuzuordnen.

Aus Gründen einer kompakten Konstruktion ist es jedoch noch vorteilhafter, wenn jede Magnetlagereinheit die Rotoreinheit gegen eine Bewegung des Rotors in jeweils entgegengesetzte axiale Richtungen magnetisch lagert, das heißt daß jede Magnetlagereinheit die Hälfte eines magnetischen Axiallagers umfaßt.

Hinsichtlich der Art der magnetischen Lagerung wurden bislang keine Ausführungsbeispiele gemacht. So ist es besonders vorteilhaft, wenn die magnetische Lagerung durch die Magnetlagereinheiten eine aktive magnetische Lagerung darstellt.

Vorzugsweise ist dabei für die aktive magnetische Lagerung eine Lageregelung mit Sensoren vorgesehen, welche die Rotoreinheit in einer bestimmten Position führt.

Insbesondere bei den magnetischen Radiallagern ist die Lagerung so ausgebildet, daß durch Ansteuerung des Stators der Radiallager eine Drehachse der Rotoreinheit festlegbar ist.

0015500

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 4 -

10.11.92

Um die hohen Drehzahlen zu realisieren ist es besonders vorteilhaft, wenn die Lageregelung oberhalb einer bestimmten Drehzahl als Drehachse für die Rotoreinheit die Schwerpunktachse auswählt.

Um auch bei niederen Drehzahlen eine vorteilhafte Lagerung zu erhalten ist es ferner zweckmäßig, wenn die Lageregelung unterhalb der bestimmten Drehzahl auf eine geometrische Achse des Rotors als Drehachse regelt.

Hinsichtlich der Ausbildung der Radiallager wurden bislang ebenfalls keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß das Radiallager auf eine Welle der Rotoreinheit aufgeschrumpfte Blechpakete und einen im Anlagengehäuse angeordneten Ständer umfassen.

Hinsichtlich der Ausbildung der Axiallager ist es vorteilhaft, wenn diese eine auf einer Welle der Rotoreinheit sitzende ferromagnetische Scheibe und einen im Anlagengehäuse angeordnete Ständer umfassen.

Um sicherzustellen, daß bei abgeschalteten Magnetlagereinheiten oder bei einem Ausfall der Magnetlagereinheiten keine Zerstörung des Generators erfolgt, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß die Rotoreinheit noch zusätzlich bei Ausfall der Magnetlagereinheit wirksame Fanglager gelagert ist. Diese Fanglager sind vorzugsweise mechanische Lager, die entweder als Kugellager oder als Gleitlager ausgebildet sind.

9215898

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 5 -

18.11.92

Darüber hinaus bewirken die Fanglager vorzugsweise ebenfalls eine radiale und axiale Lagerung der Rotoreinheit, wenn diese in den Fanglagern und nicht in den Magnetlagern läuft.

Hinsichtlich der Ausbildung des Anlagengehäuses wurden im vorstehenden keine näheren Angaben gemacht. So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß das Anlagengehäuse ein Turbineninnenraum der Turbine und einen Generatorinnenraum des Generators gasdicht umschließt.

Mit einer derartigen Ausbildung des Anlagengehäuses lassen sich insbesondere Leckagen des Prozeßgases besonders vorteilhaft beherrschen, da in den Generatorinnenraum eintretendes Leckgas nicht unkontrolliert abströmen kann.

Besonders vorteilhaft ist es weiter, wenn das Anlagengehäuse neben dem Turbineninnenraum auch den Generatorinnenraum druckfest und gasdicht umschließt, so daß die Möglichkeit gegeben ist, in dem Generatorinnenraum vorliegendes Gas unter definierten Druckverhältnissen zu halten und durch entsprechende Absenkung des Drucks bei den erforderlichen hohen Drehzahlen die Gasreibung zu reduzieren.

Eine besonders vorteilhafte Lösung sieht vor, daß vom Generatorinnenraum ein von der Rotoreinheit durchsetzter Verbindungskanal zum Turbineninnenraum führt und daß der Generatorinnenraum, der Verbindungskanal und der Turbineninnenraum von dem Anlagengehäuse gasdicht und druckfest umschlossen sind. In diesem Fall bilden der Turbineninnenraum mit dem Verbindungskanal und dem Generatorinnenraum

9215898

10.11.92

eine Einheit, die als solche gasdicht und druckfest umschlossen ist, so daß einerseits keine Probleme bei einem Leckgasstrom vom Turbineninnenraum in den Generatorinnenraum auftreten und andererseits in dem Generatorinnenraum definierte Druckverhältnisse einstellbar sind, um die Gasreibung zu reduzieren und entweder den Leckgasstrom vom Turbineninnenraum in den Generatorinnenraum durch entsprechenden Druck zu unterdrücken oder das vom Turbineninnenraum in den Generatorinnenraum strömende Leckgas definiert abzuführen.

Insbesondere diese Ausbildung der erfindungsgemäßen Lösung ergänzt sich vorteilhaft mit der Verwendung der Magnetlagereinheiten, da von der Gasturbine in den Generator und insbesondere den Generatorinnenraum strömendes Gas weder im Bereich der Lagerung des Turbinenrads noch im Bereich der Lagerung des Rotors durch die Lager eine Verschmutzung erfährt und zusätzlich die vorstehend genannten Vorteile auftreten.

Um aufgrund der hohen Drehzahlen im Bereich der Magnetlagereinheiten auftretende Wärme abzuführen, ist erlaubterweise vorgesehen, daß die Magnetlagereinheiten von einem Kühlgas durchströmbar sind.

Das Kühlgas könnte rein theoretisch die Magnetlagereinheiten in unterschiedlichen Richtungen durchströmen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Kühlgas die Magnetlagereinheiten im wesentlichen in axialer Richtung durchströmt.

9215696

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 7 - 18.11.92

Noch vorteilhafter lässt sich die Kühlung der Magnetlagereinheiten dann ausführen, wenn der Generatorinnenraum von einem Kühlgas durchströmt ist, wobei dieses Kühlgas vorteilhafterweise den Generatorinnenraum in einem die Rotoreinheit umgebenden Bereich durchströmt und somit an den entsprechenden Abschnitten der Rotoreinheiten oberflächlich entlangströmt.

Als Kühlgas kann grundsätzlich ein beliebiges Gas Verwendung finden. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn das Kühlgas mit dem die Turbine treibenden Prozeßgas identisch ist, da in diesem Fall ein Leckgasstrom durch den Verbindungskanal hindurch keinerlei Probleme verursacht und insbesondere keinerlei Verunreinigungen beim Prozeßgas.

Das zum Kühlen der Magnetlagereinheiten verwendete Kühlgas kann dabei unterschiedlichster Herkunft sein. Im einfachsten Fall ist vorgesehen, daß das Kühlgas aus dem die Turbine durchströmenden Prozeßgasstrom stammt.

Dies ist beispielsweise dadurch erreichbar, daß das Kühlgas das vom Turbineninnenraum in den Generatorinnenraum durch den Verbindungskanal einströmende Leckgas ist.

Dieses Leckgas lässt sich dann beispielsweise im Generatorinnenraum in einem der Gasturbine abgewandten Bereich sammeln und abführen.

02.15.98

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 8 -

10.11.92

Um eine definierte Kühlung der Magnetlagereinheiten zu erreichen, und insbesondere in dem Fall, daß das von dem Turbineninnenraum kommende Leckgas keine ausreichende Kühlwirkung hat, da dieses vor Einströmen in die Gasturbine beispielsweise aufgeheizt wurde, ist vorgesehen, daß zur Kühlung der Magnetlagereinheiten externes Kühlgas zugeführt und wieder abgeführt wird.

Die Führung des externen Kühlgases durch die Magnetlagereinheiten und gegebenenfalls auch durch den Generatorinnenraum läßt sich in unterschiedlichster Art und Weise durchführen. So wäre es beispielsweise grundsätzlich möglich, das Kühlgas in axialer Richtung entweder in Richtung auf die Gasturbine zu oder von der Gasturbine weg strömen zu lassen.

Insbesondere dann, wenn das externe Kühlgas zur Ergänzung der Kühlwirkung des Leckgases dienen soll, ist es jedoch vorteilhaft, wenn das externe Kühlgas in axialer Richtung von der Turbine weg die Magnetlagereinheiten durchströmt.

Eine besonders vorteilhafte Lösung sieht dabei vor, daß das externe Kühlgas zwischen dem Turbinenrad und der dem Turbinenrad nächstliegenden Magnetlagereinheit zugeführt wird und in axialer Richtung von der Turbine weg den Generatorinnenraum durchströmt.

In diesem Fall ist dann vorteilhafterweise vorgesehen, daß das Kühlgas auf einer der Turbine abgewandten Seite aus dem Generatorinnenraum abführbar ist.

0215098

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 9 - 18.11.92

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn das Kühlgas im Bereich des Verbindungskanals zuführbar ist.

Um im Falle einer zu hohen Temperatur des von dem Turbinenraum in den Generatorinnenraum einströmenden Leckgasstromes den Leckgasstrom möglichst klein zu halten ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß in dem Verbindungskanal ein gasstromreduzierendes Element angeordnet ist.

Dieses gasstromreduzierende Element ist beispielsweise als berührungslose Dichtung, vorzugsweise als Labyrinthdichtung, ausgeführt.

Wie bereits vorstehend erwähnt, ist es vorteilhaft, um die Gasreibung im Generatorinnenraum zu reduzieren, den Generatorinnenraum auf einem definierten Druckniveau zu halten.

Vorzugsweise ist dabei das Druckniveau im Generatorinnenraum so gewählt, daß es unter dem Druck an einem Gaseinlaß der Turbine liegt.

Eine besonders vorteilhafte Lösung sieht vor, daß das Druckniveau im Generatorinnenraum einem Druckniveau an einem Gasauslaß der Turbine entspricht.

Um durch den Generator möglichst wenig Wärme zu erzeugen, die wiederum aus dem Generatorinnenraum abgeführt werden muß, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß der Generator ein permanent erregter Synchrongenerator ist.

9215898

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 10 -

18.11.92

Insbesondere ist es dabei zweckmäßig, wenn der Rotor ein elektrisch passiver Rotor ist, so daß zum Rotor keine Stromzuführungen hingeführt werden müssen, sondern lediglich zu einem Stator des Generators.

Um auch die im Stator auftretende Wärme optimal abführen zu können, ist vorzugsweise vorgesehen, daß der Stator gekühlt ist. Beispielsweise könnte auch der Stator durch Kühlgas gekühlt werden, welches zweckmäßigerweise durch im Stator vorgesehene Kühlgaskanäle strömt. Noch vorteilhafter ist es jedoch, insbesondere aufgrund der besseren Ankopplungen, wenn der Stator flüssigkeitsgekühlt ist.

Die erfindungsgemäße Stromgewinnungsanlage läßt sich besonders vorteilhaft dann einsetzen, wenn dem Generator ein Umrichter zur Erzeugung einer üblichen standardisierten Netzspannung mit standardisierter Netzfrequenz für ein öffentliches Stromversorgungsnetz nachgeschaltet ist, da der Generator aufgrund des auf der Rotoreinheit sitzenden Rotors eine Wechselspannung mit stark wechselnder und der Drehzahl der Rotoreinheit entsprechender Frequenz erzeugt, welche nicht zur Einspeisung in ein öffentliches Netz geeignet ist.

Darüber hinaus sieht ein besonders vorteilhaftes Einsatzfeld der erfindungsgemäßen Stromgewinnungsanlage vor, daß die Turbine eine Expansionsturbine ist, um die bei der Expansion von Gasen frei werdende Energie zurückzugewinnen, wobei es sich beispielsweise um die Erdgasexpansion bei Fernleitungen oder um die Gasexpansion in der Kryotechnik handeln kann.

02.15.98

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 11 - 10.11.92

Weitere Merkmale und Vorteile sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung eines Ausführungsbeispiels.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Stromgewinnungsanlage und

Fig. 2 einen Schnitt durch einen Rotor längs Linie 2-2.

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Stromgewinnungsanlage, dargestellt in Fig. 1, umfaßt ein als Ganzes mit 10 bezeichnetes Anlagengehäuse, in welchem eine Gasturbine 12 und ein Generator 14 zu einer Einheit zusammengefaßt sind.

Die Gasturbine 12 umfaßt ein Turbinengehäuse 16, welche als Gasexpansionsturbine ausgebildet ist und einen Einlaßkanal 18 für das zu expandierende Prozeßgas aufweist, welcher zu einem Innenraum 20 der Gasturbine führt, in welchem ein Turbinenrad 22 drehbar angeordnet ist. Von diesem Turbineninnenraum 20 führt wiederum ein Auslaßkanal 24 weg, in welchem das expandierte Gas abströmt.

Das Turbinenrad 22 ist Teil einer als Ganzes mit 26 bezeichneten Rotoreinheit, welche eine das Turbinenrad 22 tragende Welle 28 und einen auf der Welle 28 sitzenden Rotor 30 des Generators 14 umfaßt. So wird bei Antrieb des

9215696

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 12 - 18.11.92

Turbinenrads 22 die gesamte Rotoreinheit 26 in Drehung versetzt und damit auch der Rotor 30 des Generators 14 um eine Drehachse 32 mit der Drehzahl des Turbinenrades 22 rotierend angetrieben.

Die Rotoreinheit 26 ist dabei berührungslos im Anlagengehäuse 10 durch zwei in Richtung der Drehachse 32 im Abstand voneinander angeordnete Magnetlagereinheiten 34, 36 berührungslos gelagert, wobei die Magnetlagereinheiten 34 und 36 in Richtung der Drehachse 32 gesehen beiderseits des Rotors 30 angeordnet sind.

Jede der Magnetlagereinheiten 34, 36 umfaßt ein magnetisches Radiallager 38, welches einerseits ein auf die Welle 28 aufgeschrumpftes ringförmiges Blechpaket 40 aufweist und andererseits einen Ständer 41 mit einem Stator 42 aus geschichteten Elektroblechen, deren Pole von Spulen 43 umgeben sind. Elektromagnetisch ist dabei jeder Stator 42 in 4 Quadranten mit je einem Nord- und Südpol aufgeteilt, so daß jedes Radiallager 38 zwei aktive Achsen aufweist, von denen jede von zwei gegenüberliegenden Quadranten gebildet wird. Die auf die Rotoreinheit 26 wirkenden Gewichtskräfte werden durch die zwei oberen Quadranten jedes Radiallagers 38 aufgefangen, da dieses Radiallager nur Zugkräfte entwickeln kann.

Ferner umfaßt jedes Radiallager 38 einen zeichnerisch in Fig. 1 nicht dargestellten Sensorring, dessen Signale von einer Lageregelung 44 ausgewertet werden, die die Achsen so steuert, daß der Rotor 26 um die festgelegte Drehachse 32 rotiert.

9215696

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 13 -

18.11.92

Neben dem Radiallager 38 umfaßt jede Magnetlagereinheit 34, 36 noch eine Hälfte 48 eines Axiallagers, wobei jede Hälfte 48 des Axiallagers eine auf der Welle 28 sitzende ferromagnetische Scheibe 50 und einen im Anlagengehäuse 10 sitzenden Ständer 52 umfaßt, in welchen die Windungen einer elektromagnetischen Spule 54 eingelassen sind.

Jede Hälfte 48 des Axiallagers wirkt dabei so, daß auf den die ferromagnetische Scheibe 50 von dem Ständer 52 Zugkräfte ausgeübt werden, welche die ferromagnetische Scheibe 50 in Richtung des Ständers 52 mit einer Kraft beaufschlagen.

Die jeweiligen Hälften 48 der Axiallager sind in den Magnetlagereinheiten 34 und 36 dabei so angeordnet, daß sie gegeneinander wirkende Axialkräfte 56 bzw. 58 auf die Rotoreinheit 26 ausüben und somit die Rotoreinheit stabilisieren, wobei die beiden Hälften 48 der Axiallager ebenfalls jeweils Sensoren aufweisen und über eine gemeinsame Lageregelung 60 geregelt sind.

Jede der Magnetlagereinheiten 34 und 36 ist zusätzlich noch jeweils mit einem Fanglager 62 versehen, wobei das Fanglager 62 jeweils als Radial- und Axiallager ausgeführt ist und dazu dient, die Rotoreinheit 26 bei abgeschalteten oder ausfallenden Magnetlagereinheiten 34, 36 aufzufangen und Kollisionen, beispielsweise in der Gasturbine 12 oder dem Generator 14 zu verhindern.

Die Lageregelungen 44 der Radiallager 38 der Magnetlagereinheiten 34 und 36 sind vorzugsweise ferner so ausgebildet, daß sie unterhalb einer festgelegten Drehzahl

9215898

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 14. 10. 11. 92

die Rotoreinheit 26 um ihre geometrische Mittelachse als Drehachse 32 rotierend lagern. Bei Überschreiten der festgelegten Drehzahl erfolgt eine Lagerung um die Schwerpunktachse der Rotoreinheit 26 als Drehachse 32, so daß in diesem Zustand eine quasi kräftefreie und selbstzentrierte Lagerung der Rotoreinheit 26 erreichbar ist.

Der Generator 14 umfaßt neben dem Rotor 30 noch einen Stator 70 und ist als permanent erregter Synchrongenerator ausgebildet, wobei der Rotor elektrisch passiv ist und, wie in Fig. 2 dargestellt, auf der Welle 28 sitzende und als Segmente angeordnete Hochenergiemagnete 72 trägt, welche radial zur Drehachse 32 durch eine Bandage 74 gesichert sind.

Zur Kühlung des Stators 70, welcher seinerseits Spulenwicklungen 76 trägt, ist der Stator 70 mit im Stator 70 um die Drehachse 32 umlaufenden Kühlkanälen 78 versehen, welche mit einer Kühlwasserzuleitung 80 und einer Kühlwasserableitung 82 verbunden und somit von Kühlwasser durchströmbar sind.

Das Anlagengehäuse 10 bildet mit einem ersten Abschnitt 90 ein Turbinengehäuse für die Gasturbine 12 und umschließt den Turbineninnenraum 20 gasdicht und druckfest.

Darüber hinaus bildet das Anlagengehäuse 10 mit einem zweiten Abschnitt ein Generatorgehäuse 92, welches einen Generatorinnenraum 94 ebenfalls druckfest und gasdicht umschließt. In diesem Generatorinnenraum 94 sind der

92 156 96

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

10.11.92
- 15.

Stator 70, der Rotor 30 sowie die Magnetlagereinheiten 34 und 36 angeordnet. Alle in dem Generatorinnenraum führenden elektrischen Zuleitungen sind dabei durch druckfeste Kabeldurchführungen 95 geführt.

Ferner führt vom Generatorinnenraum 94 ein Verbindungskanal 96 zum Turbineninnenraum 20, wobei sich durch diesen Verbindungskanal 96 die Welle 28 der Rotoreinheit hindurcherstreckt, welche auf ihrem freien, sich in den Turbineninnenraum 20 hineinerstreckenden Ende das Turbinenrad 22 trägt.

Dabei bildet der Turbineninnenraum 20 über den Verbindungskanal 96 mit dem Generatorinnenraum 94 einen gasdicht und druckfest abgeschlossenen Raum, in welchem sich die Rotoreinheit 26 beim Betrieb der Stromgewinnungsanlage berührungslos dreht.

Um einen Leckgasstrom von dem Turbineninnenraum 20 in den Generatorinnenraum 94 zu drosseln, ist in dem Verbindungskanal 96 noch eine Labyrinthdichtung 98 vorgesehen, so daß nur ein geringer Teil des Prozeßgases vom Turbineninnenraum 20 in den Generatorinnenraum 94 strömt.

Im einfachsten Fall dient der vom Turbineninnenraum 20 in den Generatorinnenraum 94 eintretende Leckgasstrom als Kühlgas, welches den Generatorinnenraum 94 in axialer Richtung von der Gasturbine 12 weg durchströmt, dabei die Rotoreinheit 26 umströmt und die Magnetlagereinheiten 34, 36 kühlt.

9215898

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 16 - 18.11.92

Zur zusätzlichen oder alternativen Kühlung der Magnetlagereinheiten 34, 36 ist ein Kühlgaseinlaßkanal 100 vorgesehen, welcher zwischen der Labyrinthdichtung 98 und dem Turbinenrad 22 zugewandten Magnetlagereinheit 34 mündet und Kühlgas auf die Rotoreinheit 26 in diesem Bereich strömen läßt. Dieses Kühlgas durchströmt zunächst die Magnetlagereinheit 34 im wesentlichen in axialer Richtung 102 dann einen Spalt zwischen dem Rotor 30 und dem Stator 70 und daraufhin ebenfalls in axialer Richtung 102 von der Gasturbine 12 weg die Magnetlagereinheit 36 und sammelt sich wie auch der Leckgasstrom in einem hinteren Abschnitt 104 des Generatorinnenraums 94, von welchem es über einen Kühlgasauslaßkanal 106 abgeführt und einer Gasrückführung 108 zugeführt wird, welche das Kühlgas wieder dem Kühlgaseinlaßkanal 100 zuführt.

Vorzugsweise wird als Kühlgas dasselbe Gas wie das die Gasturbine 12 antreibende Prozeßgas eingesetzt, so daß überschüssiges Kühlgas dem Prozeßgas wieder zuführbar ist und außerdem von dem Turbineninnenraum 20 in den Generatorinnenraum 94 eintretendes Prozeßgas keinerlei Verunreinigung erfährt, sondern im Gegenteil das von dem Turbineninnenraum 20 in den Generatorinnenraum 94 eintretende Leckgas ebenfalls als Kühlgas eingesetzt wird, dessen Kühlwirkung fakultativ durch das über den Kühlgaseinlaßkanal extern zugeführte Kühlgas ergänzt wird.

Die Zufuhr des Kühlgases erfolgt vorzugsweise so, daß in dem Generatorinnenraum ein Druck vorliegt, welcher ungefähr dem Druck des Prozeßgases im Auslaßkanal 24 entspricht, um die Gasreibung im Generatorinnenraum möglichst niedrig zu halten.

02.15800

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 17 10.11.92

Der von dem permanent erregten Synchrongenerator erzeugte Strom wird schließlich einem Umrichter 110 zugeführt, welcher diesen in einen Wechselstrom mit einer Netzfrequenz und einer Netzspannung umsetzt, welche eine Einspeisung in ein öffentliches Stromversorgungsnetz erlaubt.

0215696

A n s p r ü c h e

1. Stromgewinnungsanlage umfassend eine Gasturbine mit einem Turbinenrad und einen Generator mit einem vom Turbinenrad angetriebenen Rotor,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Turbine (12) und der Generator (14) in einem Anlagengehäuse (10) zu einer Einheit zusammengefaßt sind, daß das Turbinenrad (22) und der Rotor (30) eine sich als Ganzes drehende Rotoreinheit (26) bilden und daß die Rotoreinheit (26) in dem Anlagengehäuse (10) durch Magnetlagereinheiten (34, 36) berührungslos drehbar gelagert ist.
2. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotoreinheit (26) axial gesehen beiderseits des Rotors (30) mit jeweils einer Magnetlagereinheit (34, 36) gelagert ist.
3. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Magnetlagereinheiten (34) zwischen dem Rotor (30) und dem Turbinenrad (22) angeordnet ist.
4. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Magnetlagereinheit (34, 36) ein magnetisches Radiallager (38) umfaßt.

5. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß einer der Magnetlagereinheiten (34, 36) ein magnetisches Axiallager (48) zugeordnet ist.
6. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jede Magnetlagereinheit (34, 36) die Rotoreinheit (26) gegen eine Bewegung des Rotors (30) in jeweils entgegengesetzte axiale Richtungen magnetisch lagert.
7. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetische Lagerung der Rotoreinheit (26) durch die Magnetlagereinheiten (34, 36) eine aktive magnetische Lagerung darstellt.
8. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive magnetische Lagerung eine Lageregelung (44) mit Sensoren aufweist, welche die Rotoreinheit (26) in einer bestimmten Position führt.
9. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß durch Ansteuerung des Stators (42) der Radiallager (38) eine Drehachse (32) der Rotoreinheit (26) festlegbar ist.
10. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Lageregelung (44) oberhalb einer bestimmten Drehzahl als Drehachse (32) für die Rotoreinheit (26) die Schwerpunktachse auswählt.

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 20 10.11.92

11. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Radiallager (38) auf eine Welle (28) der Rotoreinheit (26) aufgeschraubte Blechpakete (40) und einen im Anlagengehäuse (10) angeordneten Ständer (41) umfaßt.
12. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Axiallager (48) eine auf einer Welle (28) der Rotoreinheit (26) sitzende ferromagnetische Scheibe (50) und einen im Anlagengehäuse (10) angeordneten Ständer (52) umfaßt.
13. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotoreinheit (26) durch bei Ausfall der Magnetlagereinheit (34, 36) wirksame Fanglager (62) gelagert ist.
14. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Anlagengehäuse (10) einen Turbineninnenraum (20) der Turbine (12) und einen Generatorinnenraum (94) des Generators (40) druckfest und gasdicht umschließt.
15. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vom Generatorinnenraum (94) ein von der Rotoreinheit (26) durchgesetzter Verbindungskanal (96) zum Turbineninnenraum (20) führt und daß der Generatorinnenraum (94) der Verbindungskanal (96) und der Turbinenraum (20) von dem Anlagengehäuse (10) gasdicht und druckfest umschlossen sind.

9215898

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 21 - 10.11.92

16. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetlagereinheiten (34, 36) von einem Kühlgas durchströmbar sind.
17. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlgas die Magnetlagereinheiten (34, 36) im wesentlichen in axialer Richtung durchströmt.
18. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Generatorinnenraum (94) von einem Kühlgas durchströmt ist.
19. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlgas mit dem die Turbine (12) treibenden Prozeßgas identisch ist.
20. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlgas aus dem die Turbine (12) durchströmenden Prozeßgasstrom stammt.
21. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlgas das von dem Turbineninnenraum (20) in den Generatorinnenraum (94) durch den Verbindungskanal (96) einströmendes Leckgas ist.

9215895

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 22 18.11.92

22. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kühlung der Magnetlagereinheiten (34, 36) externes Kühlgas zuführbar und wieder abführbar wird.
23. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das externe Kühlgas in axialer Richtung von der Turbine (12) weg die Magnetlagereinheiten (34, 36) durchströmt.
24. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß das externe Kühlgas zwischen dem Turbinenrad (22) und der dem Turbinenrad (22) nächstliegenden Magnetlagereinheit (34) zuführbar wird.
25. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlgas auf einer der Turbine (12) abgewandten Seite aus dem Generatorinnenraum (94) abführbar ist.
26. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 16 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Verbindungskanal (96) ein gasstromreduzierendes Element (98) angeordnet ist.
27. Stromgewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckniveau im Generatorinnenraum (94) so gewählt ist, daß es unter dem Druck an einem Gaseinlaß (18) der Turbine (12) liegt.

9215898

A 51 042 x
x-239/192
17. November 1992

- 23 - 18 11 92

28. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Druckniveau im Generatorinnenraum (94) einem Druckniveau an einem Gasauslaß (24) der Turbine (12) entspricht.
29. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (14) ein permanent erregter Synchrongenerator ist.
30. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (30) ein elektrisch passiver Rotor ist.
31. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (70) gekühlt ist.
32. Stromgewinnungsanlage nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (70) flüssigkeitsgekühlt ist.
33. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Generator (14) ein Umrichter (110) zur Erzeugung einer üblichen standardisierten Netzspannung mit standardisierter Netzfrequenz für ein öffentliches Stromversorgungsnetz nachgeschaltet ist.
34. Stromgewinnungsanlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Turbine (12) eine Expansionsturbine ist.

92 156 98

18.11.92

FIG. 1

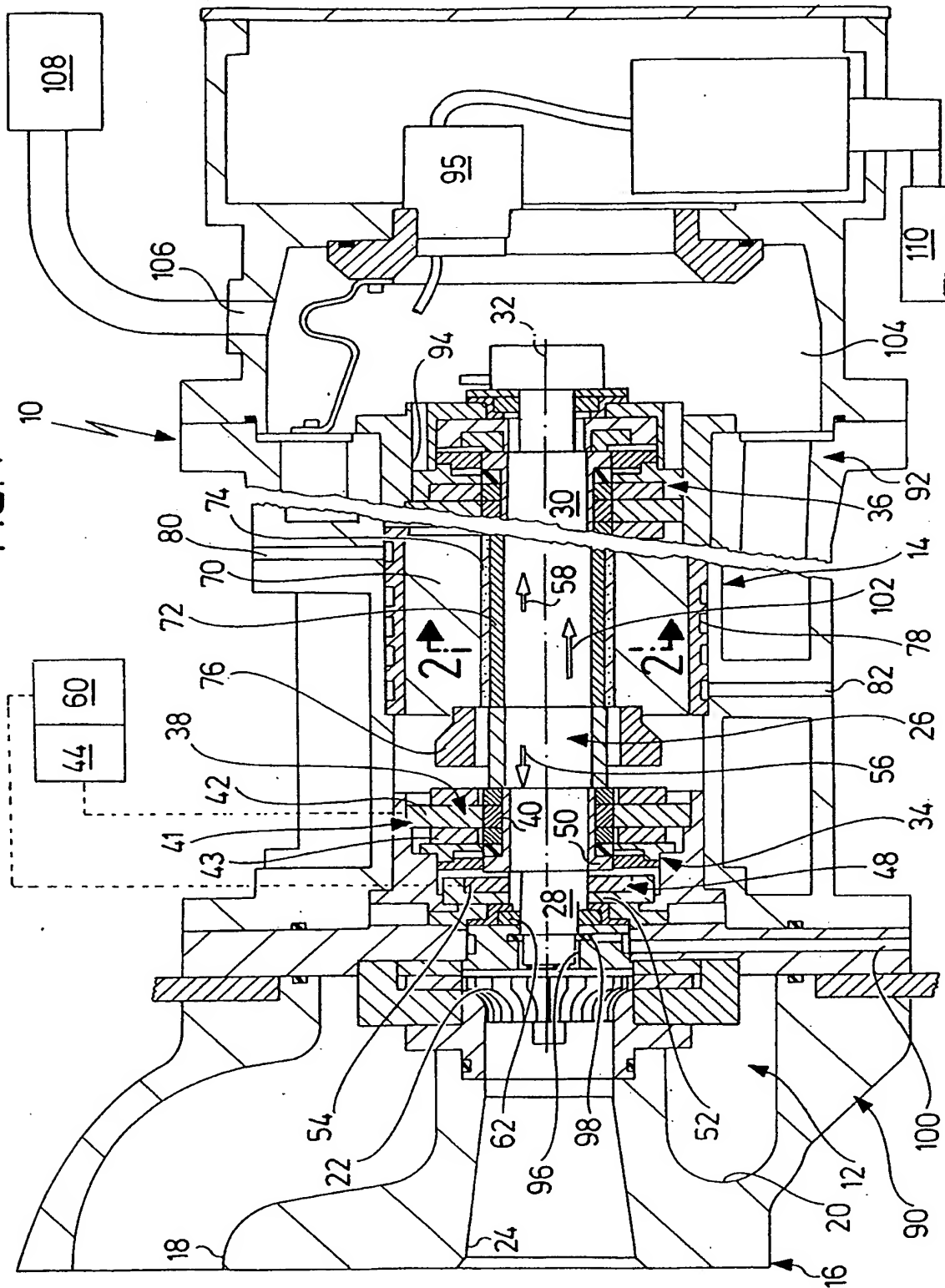
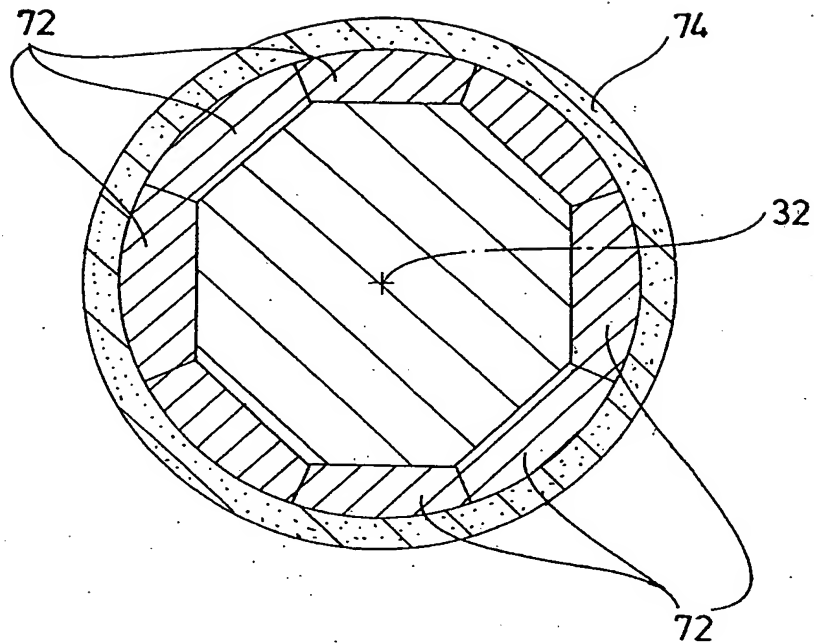


FIG. 2

18 11 90



die den Permanentmagnet abschirmt und die Bildung von Wirbelfeldern verhindert. Der Haltering 5 hat nur die Wirkung einer Halterung und kann auch durch eine Drahtwindung ersetzt sein. Der Zutritt von Magnetismus zu den Lagern der Welle 9 wird verhindert, indem die Welle und/oder das Distanzstück aus einem nichtmagnetisierbaren Material, z.B. Messing besteht.

Das Schwungrad schwebt sozusagen gegenüber dem weiteren Magnetringgebilde und die mechanische Lagerung hat im wesentlichen nur noch radiale Kräfte aufzunehmen, da sie bezüglich nach unten gerichteter Kräfte entlastet ist. Durch die Anwendung der magnetischen Lagerung kann sich das Schwungrad, wenn es mit einer bestimmten zugeführten Energie in Rotation versetzt ist, viel länger drehen, als wenn es nur mechanisch gelagert ist. Die Bauweise ist einfach, weil das Schwungrad selbst Teil der magnetischen Lagerung bildet und das drehbare Magnetringgebilde der Lagerung darstellt.

Da die radiale Abmessung des Distanzstückes gleich oder größer als die radiale Abmessung des drehbaren Magnetringgebildes ist, ist das Distanzstück also nicht nur eine Art Nabe, mit der das Magnetringgebilde auf der Welle sitzt, sondern vom Radius des Schwungrades her gesehen ein erheblicher Teil des Schwungrades. Das Magnetringgebilde stellt den Kranz des Schwungrades dar. Da eine magnetische Lagerung angewendet ist, bei der die Magnetringgebilde einander gleichnamige Pole zu-

kehren und das drehbare Magnetringgebilde mit einem wesentlichen Anteil seiner Höhe oberhalb des liegenden Magnetringgebildes schwebend angeordnet ist, sind Laufdauer und Tragkraft verbessert, obwohl die Übereinanderanordnung mit erhöhtem Raumbedarf verbunden ist. Je schwerer das drehbare Magnetringgebilde ist, desto tiefer taucht es in das liegende Magnetringgebilde ein.

Da der Innendurchmesser des liegenden Magnetringgebildes deutlich größer ist als der Außendurchmesser des drehbaren Magnetringgebildes und beide Magnetringgebilde in radialer Richtung magnetisiert die Pole an den Innen- und Außenmantelflächen aufweisen, sind Tragkraft und Laufdauer weiter verbessert. Das Schwungrad schwebt oberhalb der Höhlung des liegenden Magnetringgebildes und ist durch Abstoßung der beiden Magnetfelder getragen. Wenn die Lagerung ein Kugel- oder Rollenlager aufweist, dessen Käfig von nichtmagnetischem Material, z.B. Kunststoff gebildet ist, werden die Kugel- oder Rollenlager von den Magnetfeldern der Magnetringgebilde nicht beeinflusst, was letztlich die Laufdauer erhöht.

- 10 -
- Leerseite -

Nummer: 32 49 423
 Int. Cl.³: F 16 C 32/04
 Anmeldetag: 3. August 1982
 Offenlegungstag: 4. Oktober 1984

Fig. 2

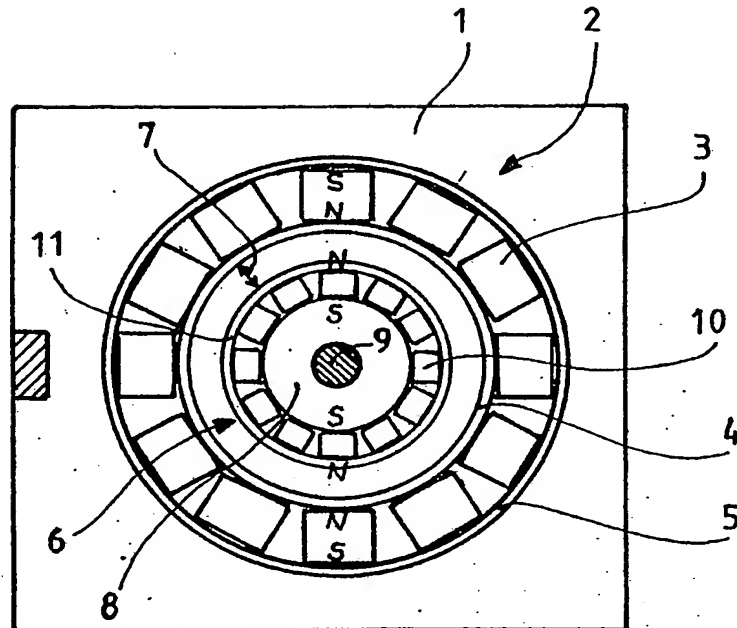


Fig. 1

